



25 a 28 de outubro de 2011
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro

II SIBE **Simpósio Internacional de** **Barragens de Enrocamento**

27 e 28 de outubro de 2011
Windsor Barra da Tijuca Hotel - Rio de Janeiro



MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA VAZÃO ECOLÓGICA E SUA COMPARAÇÃO COM A DEFLUÊNCIA MÍNIMA NOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS LOCALIZADOS NA SUB-BACIA SUPERIOR DO RIO PARAÍBA DO SUL

Antonio Ferreira da HORA - D.Sc. Prof. Titular - Universidade Federal Fluminense

Mônica de Aquino G. M. da HORA - D.Sc. Prof. Adjunta - Universidade Federal Fluminense

Rodrigo Alves dos S. PEREIRA - Aluno de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente

INTRODUÇÃO

- O que é a vazão ecológica?
 - Segundo SANTOS (2003), a vazão ecológica é aquela que atende às exigências da biota, seja mantendo as condições existentes antes da intervenção antrópica, seja para garantir condições estabelecidas, que busquem mitigar os impactos dessa intervenção.
- Por que falar de vazão ecológica no Brasil?

OBJETIVO

- O estudo tem por objetivo fazer uma comparação entre a defluência mínima de aproveitamentos hidrelétricos e vazão ecológica calculada.
- Região de estudo:
 - Aproveitamentos hidrelétricos localizadas no trecho alto do rio Paraíba do Sul.

PARAIBUNA / PARAITINGA

- Concluída em 1978, possui potência instalada de 85 MW com duas unidades geradoras tipo Francis.
- A área do reservatório é de 224 km², sendo que 177 km² correspondem a Paraibuna e 47 km² a de Paraitinga. As barragens estão entre as mais altas do Brasil, com 104 m de altura.
- A finalidade dos reservatórios é regular a vazão do rio Paraíba do Sul.

PARAIBUNA / PARAITINGA

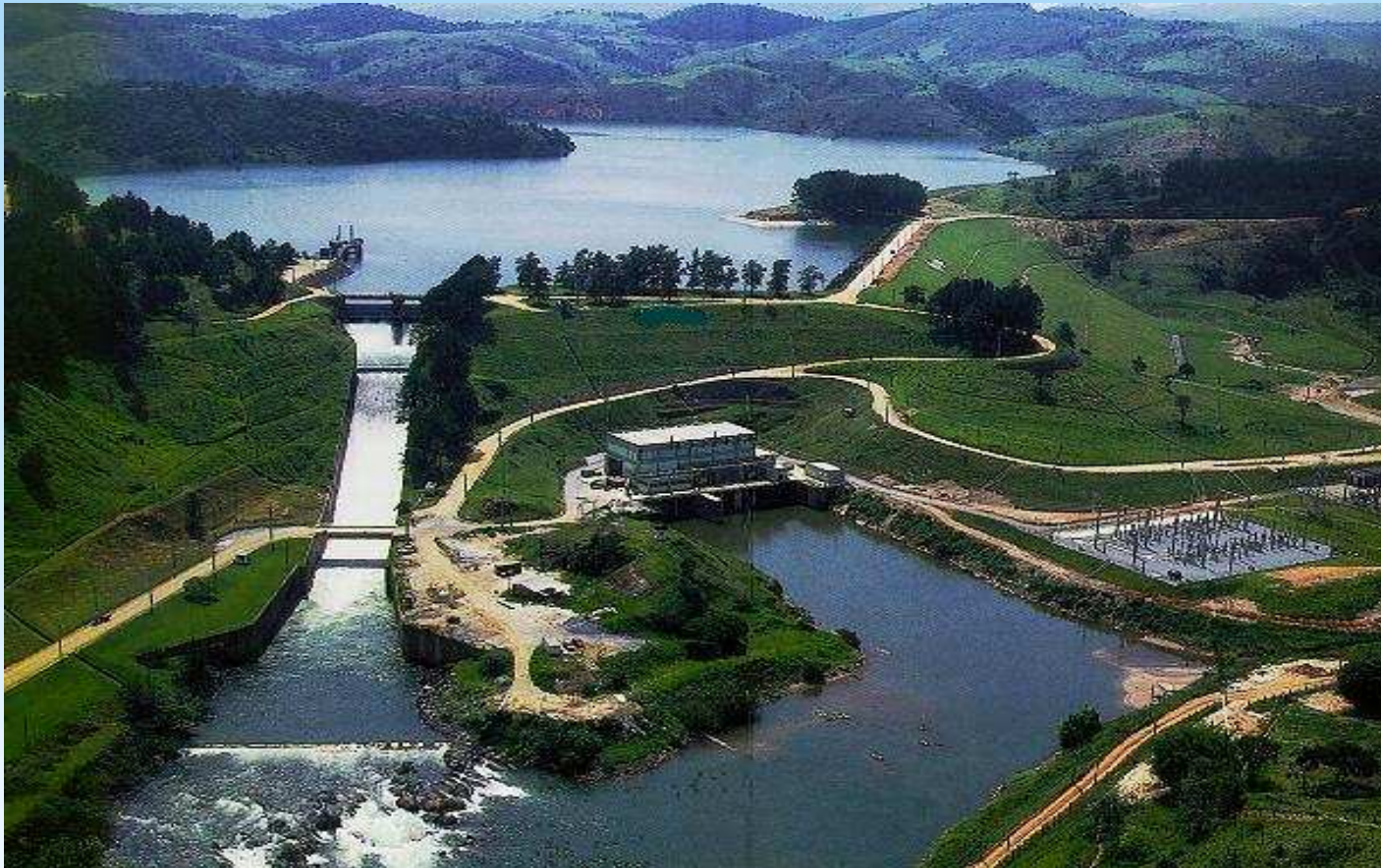


Fonte: Google, 2011

SANTA BRANCA

- Em 1999, foram adicionados 58 MW ao parque gerador da Light, em decorrência da motorização da barragem da UHE Santa Branca.
- Essa estrutura foi construída no final da década de 1950, com a finalidade de regularização de vazões. O reservatório corresponde a um volume útil de 308 milhões de m³.

SANTA BRANCA

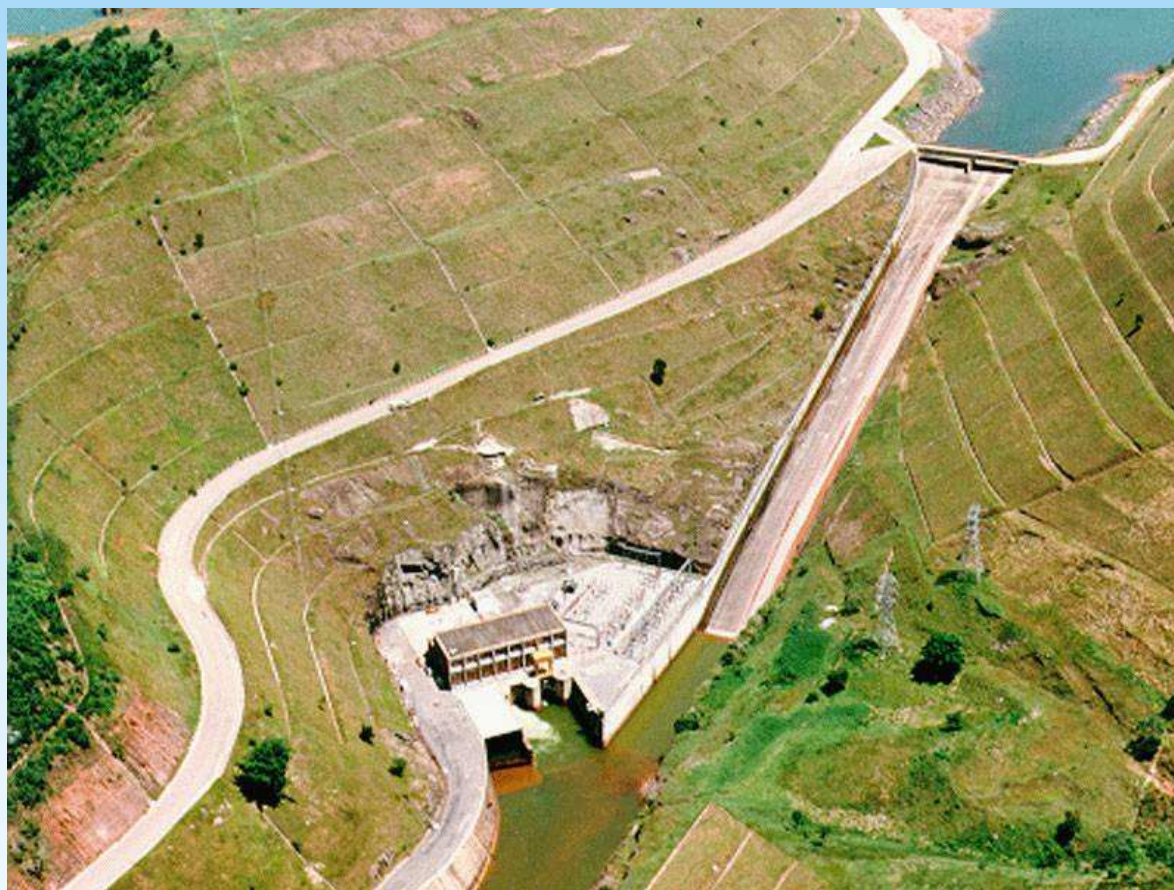


Fonte: Portal Light , 2011

JAGUARI

- A UHE Jaguari está localizada entre os municípios de Jacareí e São José dos Campos (SP).
- Sua potência instalada é de 27,6 MW distribuída por duas unidades geradoras do tipo Francis. Seu reservatório possui 56 km², com finalidade de permitir o controle das vazões do rio Paraíba do Sul.

JAGUARI



Fonte: Portal CESP, 2011

FUNIL

- Está localizada no município de Resende, no Estado do Rio de Janeiro.
- Possui uma barragem de concreto do tipo abóbada, com dupla curvatura, única no Brasil. O volume útil corresponde a 6,9 milhões de m³.
- Sua operação iniciou em 1969, e, é de grande importância para o sistema por estar próxima aos grandes centros consumidores, garantindo confiabilidade do suprimento de energia elétrica aos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo.
- Promove a regularização do volume de cheias.

FUNIL



Fonte: Portal Furnas, 2011

DEFLUÊNCIA MÍNIMA

- Para viabilizar a comparação, foi consultado o Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos.

Aproveitamento	Vazão mínima defluente (m³/s)
Paraibuna/ Paraitinga	30,0
Santa Branca	40,0
Jaguari	10,0
Funil	80,0

METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA VAZÃO ECOLÓGICA

- Vazão média mínima de 7 dias com período de recorrência de 10 anos;
- Curva de permanência de vazões;
- Método das vazões anuais mínimas de 7 dias;
- Método Tennant;
- Método da área de drenagem;
- Método da vazão residual.

VAZÃO MÉDIA MÍNIMA DE 7 DIAS COM PERÍODO DE RECORRÊNCIA 10 ANOS

- É obtida computando-se as médias móveis das vazões médias diárias com janelas de sete dias ao longo de um ano hidrológico. A mínima dessas médias móveis é retida.
- O processo é repetido para cada ano hidrológico da série histórica, obtendo-se uma série de valores mínimos de vazões médias em sete dias consecutivos, para cada ano.
- Estas vazões são ordenadas em ordem crescente, sendo estimadas suas probabilidades cumulativas de ocorrência e períodos de retorno.

MÉTODO CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES

- Este método utiliza valores da curva de permanência de vazões para estabelecer vazões ecológicas em uma base mensal ou anual.
- A curva de permanência é calculada através dos dados históricos de vazões, os quais são ordenados de forma crescente.
- A permanência de cada vazão observada é o percentual de vezes que ela foi igualada ou superada.

MÉTODO DAS VAZÕES ANUAIS MÍNIMAS DE 7 DIAS

- Neste método, as mínimas das médias móveis das vazões diárias com janelas de sete dias ao longo do ano hidrológico são retidas. O valor adotado como vazão mínima é a média dos valores retidos.

MÉTODO de TENNANT (MONTANA)

- As condições de habitat para os rios foram classificadas em função das estações do ano e da percentagem da vazão média anual.
 - Para $Q > 30\%$ da MLT, condições satisfatórias de profundidade, larguras e velocidades.
 - Para $Q < 10\%$ da MLT, situação crítica para os organismos aquáticos – haveria dificuldade de passagem em trechos do rio, e excessiva concentração de peixes em trechos localizados.

MÉTODO DA ÁREA DE DRENAGEM

- Nos casos da ausência de medições de vazões, é possível utilizar uma variável que a substitua.
- Citando como exemplo, na região de New England, EUA, as vazões residuais foram determinadas em função da área de drenagem da bacia hidrográfica. Neste estudo, foram recomendadas vazões residuais de 5,5l/s km² de área de drenagem.

MÉTODO DA VAZÃO RESIDUAL

- O método é baseado no critério de outorga de diversos Estados, dentre os quais se destacam a Bahia, o Ceará e o Rio Grande do Sul.
- A vazão residual definida em legislação representa 20% da vazão de referência, que representa aquela com garantia de ocorrência em 90% do tempo.

RESULTADOS - PARAIBUNA / PARAITINGA

- Posto 58080000 escolhido como representativo do aproveitamento:

Aproveitamento	Área (km ²)	Posto	Área (km ²)	Diferença Percentual (%)
Paraibuna/Paraitinga	4.150	58088000	4.540	9,40

- Com base nos dados obtidos foram calculadas as vazões mínimas, média e ecológicas.

Q _{7,10} (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Q _{90%} (m ³ /s)	MLT* (m ³ /s)
23,12	29,52	39,50	68,60

RESULTADOS - PARAIBUNA / PARAITINGA

Método						
$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{\min,7}$ (m ³ /s)	Vazão Residual (m ³ /s)	Montana			Área de drenagem (m ³ /s)
			10% Q_{MLT} (m ³ /s)	30% Q_{MLT} (m ³ /s)	60% Q_{MLT} (m ³ /s)	
23,12	30,79	7,90	6,86	20,58	41,16	24,97

Vazão defluente mínima (m ³ /s)	30
--	----

RESULTADOS - SANTA BRANCA

- O posto fluviométrico 58096000 considerado como representativo do aproveitamento.

Aproveitamento	Área (km ²)	Posto	Área (km ²)	Diferença Percentual (%)
Santa Branca	5030	58096000	5031	0,02

- Foram, então calculadas as vazões mínimas, média e ecológicas através dos métodos propostos.

Q _{7,10} (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Q _{90%} (m ³ /s)	MLT (m ³ /s)
27,63	43,00	41,00	88,46

RESULTADOS - SANTA BRANCA

Método						
$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{\min,7}$ (m ³ /s)	Vazão residual (m ³ /s)	Montana			Área de drenagem (m ³ /s)
			10% Q_{MLT} (m ³ /s)	30% Q_{MLT} (m ³ /s)	60% Q_{MLT} (m ³ /s)	
27,63	45,33	8,20	8,85	26,54	53,08	27,67

Vazão defluente mínima (m ³ /s)	40
--	----

RESULTADOS - JAGUARI

- Para o aproveitamento de Jaguari, foi escolhido posto fluviométrico 58129000 (Fazenda Barbosa).

Aproveitamento	Área (km ²)	Posto	Área (km ²)	Diferença Percentual (%)
Jaguari	1300	58129000	1320	1,54

- Foram definidas as vazões mínimas, média e ecológicas, utilizando os métodos propostos.

Q _{7,10} (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Q _{90%} (m ³ /s)	MLT (m ³ /s)
9,74	12,27	15,20	27,63

RESULTADOS - JAGUARI

Método						
$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{\min,7}$ (m ³ /s)	Vazão residual (m ³ /s)	Montana			Área de drenagem (m ³ /s)
			10% Q_{MLT} (m ³ /s)	30% Q_{MLT} (m ³ /s)	60% Q_{MLT} (m ³ /s)	
9,74	12,83	3,04	2,76	8,29	16,58	7,26

Vazão defluente mínima (m ³ /s)	10
--	----

RESULTADOS - FUNIL

- O posto 58242000 foi escolhido como representativo para o aproveitamento.

Aproveitamento	Área (km ²)	Postos	Área (km ²)	Diferença Percentual (%)
Funil	13530	58242000 - Itatiaia	13494	0,27

- Utilizando os métodos propostos, foram estimadas as vazões mínimas, média e ecológicas.

Q _{7,10} (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Q _{90%} (m ³ /s)	MLT (m ³ /s)
125,21	161,98	146,03	232,94

RESULTADOS - FUNIL

Método						
$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{\min,7}$ (m ³ /s)	Vazão residual (m ³ /s)	Montana			Área de drenagem (m ³ /s)
			10% Q_{MLT} (m ³ /s)	30% Q_{MLT} (m ³ /s)	60% Q_{MLT} (m ³ /s)	
125,21	172,23	29,21	23,29	69,88	139,76	74,22

Vazão defluente mínima (m ³ /s)	80
--	-----------

CONCLUSÕES

- Os aproveitamentos de Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca e Jaguari não atendem ao critério de vazão ecológica nos métodos das vazões anuais mínimas de 7 dias e Montana para a condição de 60% da MLT.
- A UHE Funil não atendeu, além dos citados, ao método da vazão média mínima de 7 dias com período de recorrência de 10 anos.

CONCLUSÕES

- Analisando os valores alcançados e comparando-os com as vazões defluentes mínimas, ressaltando que a condição de defluência mínima é referente a um período de estiagem, e, portanto de curta duração, pode-se inferir que os aproveitamentos atendem ao critério da vazão ecológica.
- Os aproveitamentos são capazes de manter nesses períodos uma condição satisfatória, segundo o método Montana, e em períodos mais chuvosos é possível atingir uma condição ótima para o ecossistema.

CONCLUSÕES

- A utilização de uma vazão defluente maior pode, por um lado, garantir uma condição ótima para o ecossistema, entretanto, por outro, pode favorecer o aumento da frequência de inundações para jusante, ocasionando conflitos com a população ribeirinha, por exemplo. Assim sendo, recomenda-se que a ação de aumento de defluência, favorecendo a biota, seja precedida de uma avaliação criteriosa dos impactos em outros setores usuários de água.

BIBLIOGRAFIA

- BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. (2003) – “Metodologias Para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 149-160.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (2003) – “Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 58”. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/regionalizacao/sint_reg58.pdf>. Acessado em janeiro de 2011.
- HORA, M. A. G. M.; MARQUES, E.; HORA, A. F. SisVazNat: Sistema de Reconstituição de Séries de Vazões Naturais. Colorgraf Gráfica e Editora Ltda. 75 p. + CD-ROM. ISBN 978-85-910333-0-0. Niterói, RJ. Disponível em: <<http://www.sisvaznat.uff.br/publicacoes/sisvaznat.pdf>>. Acessado em janeiro de 2011.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; COLABORAÇÃO EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2007) – “Plano Nacional de Energia 2030”. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_3.pdf>. Acessado em janeiro de 2011.

BIBLIOGRAFIA

- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (2011) – “Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos”. Disponível em:
<http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/Inventario_Restricoes_Hidraulicas-Revis%C3%A3o1_2011.pdf>. Acessado em março de 2011.
- PORTAL CESP. Disponível em:
<http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaParaibuna?OpenDocument>. Acessado em abril de 2011.
- PORTAL CESP. Disponível em:
<http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaJaguari?OpenDocument&Menu=5%20-%20menu_lateral@@002_004_006>. Acessado em abril de 2011.
- PORTAL FURNAS. Disponível em: <http://www.furnas.com.br/hotsites/sistema_furnas/>. Acessado em abril 2011.

BIBLIOGRAFIA

- PORTAL LIGHT. Disponível em: <<http://www.lightenergia.com.br/parque-gerador/santa-branca/>>. Acessado em abril de 2011.
- SANTOS, A. H. M; RIBEIRO JUNIOR, L.U.; GARCIA, M.A.R.A.; SEVERI, M.A. (2003) – “Vazão Remanescente no Trecho de Vazão Reduzida de Pequenas Centrais Hidrelétricas”. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.
- STALNAKER, C; LAMB, B.L.; HENRIKSEN, J; BOVEE, K. & BARTHLOW, J. (1995) – “The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM”. U.S. Department of Interior. National Biological Service, Washington, D.C..
- TENNANT, D.L. (1976) – “Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources”, Fisheries 1, p.6-10.

Esta apresentação estará disponível para
download, a partir do dia 03/11/2011,
no site:

www.cbdb.org.br